

## DOĞALTAŞ OCAKLARINDA EKSKAVATÖR OPERATÖRLERİNİN TÜM VÜCUT TİTREŞİM MARUZİYETİNİN İNCELENMESİ

<sup>1</sup>Ali Ekrem ARITAN, <sup>1</sup>Melek TÜMER

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, AFYONKARAHİSAR  
[aritan@aku.edu.tr](mailto:aritan@aku.edu.tr), [mlktumer03@hotmail.com](mailto:mlktumer03@hotmail.com)

(Geliş/Received: 06.08.2018; Kabul/Accepted in Revised Form: 25.12.2018)

**ÖZ:** Dünyada ve Ülkemizde endüstriyellemenin hızlanması ile birlikte maden üretiminde de büyük artışlar görülmektedir. Üretim artışıyla beraber maalesef iş kazaları ve meslek hastalıkları da fazlaşmaktadır. Bu konuda iyi bir karneye sahip olmayan Türkiye’de, iş sağlığı ve güvenliği halen tam manasıyla hayata geçirilememiş bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği (İSG) çok geniş bir yelpazeye sahiptir ve her bir konusu ayrı bir önem taşımaktadır. İSG konularından biri olan titreşim, özellikle madencilik sektöründe üzerinde en az çalışma bulunanlardanır. Bu çalışmada, doğaltaş madenciliği sektöründe çalışan, ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşimine (TVT) maruziyetleri araştırılmıştır. Hem kırıcı uç hem de kova takılı iken ölçümler alınmıştır. Sonuç olarak; ekskavatör operatörlerinin kırıcı ucla çalışma yapılırken daha yüksek miktarda titreşime maruz kaldıkları görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Doğaltaş madenciliği, İş sağlığı ve güvenliği, Tüm vücut titreşimi (TVT), Titreşim maruziyeti

### Investigation of Whole Body Vibration Exposure of Excavator Operators in Natural Stone Quarries

**ABSTRACT:** With the acceleration of industrialization in the world and in our country, there are great increases in mining production. Unfortunately, with the increase in production, occupational accidents and diseases are becoming more widespread. In Turkey, which does not have a good report card in this regard, occupational health and safety is still an element that has not been fully implemented. In this regard, occupational health and safety is still an element that has not been fully implemented. Occupational health and safety has a wide range. Each issue of occupational health and safety is of a different importance. Vibration is one of the least studied in the mining sector. In this study, whole body vibration (WBV) exposures of excavator operators working in the natural stone mining sector were investigated. Measurements were made with both hydraulic hammer and bucket mounted. As a result, excavator operators were exposed to higher vibration when working with the hydraulic hammer end.

**Key Words:** Naturel stone mining, Occupational safety and health, Vibration exposure, Whole body vibration (WBV)

### GİRİŞ (INTRODUCTION)

Doğaltaş madenciliğinde operatörlerin sürekli olarak mekanik titreşimlere maruz kaldığı birkaç çalışma faaliyeti vardır. Bu maruziyet genellikle işyerlerinde bir rahatsızlık ya da iyi olma eksikliği anlamına gelmektedir. Bununla birlikte, büyüklüğüne ve süresine bağlı olarak, titreşime maruz kalmak geri dönüşü olmayan hasara neden olabilir (Waters ve diğ., 2008). Mesleki titreşim maruziyetinin etkisi, hem ekonomik hem de kişisel anlamda sonuçlara sahip hastalıklar olarak karakterize edilebilir (Meyer ve diğ., 1998).

Rakheja ve Sankar' a göre (1983), kamyon, traktör ve diğer arazi taşıtlarını bozuk arazilerde sürekli kullanan çalışanlarda fiziksel sağlık sorunlarının yanı sıra psikolojik rahatsızlıklara da rastlanmaktadır. Çalışanların verimliliği ve sağlığı açısından, bu sorunların giderilmesi büyük öneme sahiptir.

Marin ve arkadaşları 2017 yılında yaptıkları çalışmada, açık ocak madenciliğinde kullanılan iş makineleri operatörlerinin tüm vücut titreşimine yüksek seviyelerde maruz kaldıklarını söylemişlerdir. Bu çalışmanın ayrıntılı sonuçları, tüm vücut titreşimini azaltmanın yanı sıra belirli bir eksen veya maruz kalma eksenleri üzerindeki etkilerini izleme konusunda potansiyel mühendislik kontrollerinin etkinliğini araştırmak için kullanılabilir.

Aye ve Hens 2011 yılında Güney Afrika'da açık ocak madenciliğinde tüm vücut titreşim ölçümü ve değerlendirmesi yapmışlardır. Ölçümleri SVAN 958 marka cihazla almışlardır ve değerlendirmelerini ISO 2631-1 (1997) standardı çerçevesinde yapmışlardır. A(8) ve VDV parametreleri kullanılarak yapılan ölçümlerde görülmüştür ki ekipmanların % 95'i maruziyet sınır değerinin altındadır. Ekipmanların % 50'si ise maruziyet eylem değerini aşmakta ve titreşim risklerine sebep olmaktadır. Bu durum madencilikte titreşim için risk değerlendirmesi ve yönetiminin gerekliliğini göstermektedir. Titreşim seviyelerinin azaltılması ve çalışanlara eğitim verilmesi tavsiye edilmektedir.

Mandal ve arkadaşları 2013 yılında, maden makinelerinin titreşim düzeylerini ve titreşime maruz kalma süresini izlemeyi, maden makineleri operatörlerinin çalışma uygulamalarını incelemeyi ve operatörün titreşim maruziyetinin sağlık riskini öngörmeyi belirlemek amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu çalışma sonucunda kamyonlar, z ekseninde titreşimi azaltmak için mühendislik kontrolünü gerektirirken, yükleyiciler veya dozerler için x eksenini için gerekli önlemlerin alınması gerektiğini söylemişlerdir. Ekskavatörler, düzenli izleme haricinde acil önlem gerektirmez. Çalışanları titreşime bağlı hastalıklardan korumak için iş uygulamalarında iyileştirme gerekmektedir. İşyerinde titreşimin ölçülmesi ve kontrolü için uygun kuralların formüle edilmesi sonucuna varmışlardır.

EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi, tüm vücut titreşimine uzun süre maruz kalmanın epidemiyolojik çalışmalarının özellikle bel omurgasında, aynı zamanda boyun ve omuzda, sağlık için yüksek risk olduğunu kanıtlamıştır. Bazı çalışma koşullarının sindirim sistemi, dişi üreme organları ve periferik damarlar üzerinde etkileri olduğunu bildirmiştir.

Seidel 2005 yılında yaptığı çalışmada; tüm vücut titreşimine maruz kalmanın kas yorgunluğu, bel ağrısı, spinal dejenerasyon, gastrointestinal sistem problemleri baş ağrıları ve mide bulantısı gibi sağlık sorunlarına yol açacağını söylemiştir.

Alphin ve arkadaşları (2010), ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşimine maruz kalmanın önemli sağlık tehlikesi olduğunu yaptıkları çalışma ile ortaya koymuşlardır. Yapılan çalışmada tüm vücut titreşim maruziyet değerinin, maruziyet sınır değeri üzerinde olduğu belirlenmiştir. Ölçülen titreşim parametrelerinin bel ağrısı, bacak ağrısı ve kas-iskelet rahatsızlıklarına sebep olduğunu söylemişlerdir.

## TÜM VÜCUT TİTREŞİMİ (WHOLE BODY VIBRATION)

Tüm vücut titreşimi, tüm vücuda iletildiğinde, özellikle çalışanın sağlık ve güvenlik riskini artıran, omurganın alt sırt hastalık oranını ve travmasını arttıran mekanik bir titreşimdir (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi). TVT'ye maruz kalma, otururken, ayakta dururken veya titreşim kaynağıyla temas halinde olabilir (ISO 2631-1,1997).

2002/44/ EC sayılı AB Direktifi ve Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, hem elle iletilen titreşim hem de tüm vücut titreşimi için "günlük maruz kalma eylemi değerlerini" ve "günlük maruz kalma sınır değerlerini" belirtmektedir (Çizelge 1). Direktif ve yönetmelikte açıklandığı üzere idari, teknik ve tıbbi önlemlerin işverenler tarafından uygulanması gerekmekte ve çalışanların titreşime maruz kalmasından kaynaklanan risklere karşı korunması amaçlanmaktadır (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi; ÇSGB, 2013). Çalışanların sağlığı açısından titreşim, el-kol ve tüm vücut titreşimi olarak ikiye ayrılmaktadır.

**Çizelge 1.** Titreşim maruziyet değerleri*Table.1. Vibration exposure values*

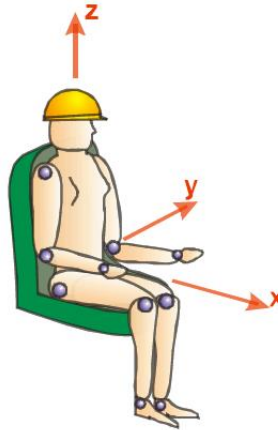
	Tüm Vücut Titreşimi A(8)	Tanımlar
Maruziyet Eylem Değeri	0,5 m/s <sup>2</sup>	Bir veya daha fazla önlemin* alındığı değer.
Maruziyet Sınır Değeri	1,15 m/s <sup>2</sup>	Korunmasız bir çalışanın kabul edilemez risklere maruz kaldığı değer. Bu değer aşılması yasaktır ve yönetmelik** uygulanarak önlem alınmalıdır.

\* Bilgilendirme, eğitim, teknik önlemler, sağlık denetimleri. \*\* Sağlık ve güvenliğin korunması için uygun önlemler.

Doğaltaş ocaklarında çalışan operatörlerde TVT'ye mesleki maruziyet, işle ilgili bel ağrısı riskinin artmasıyla ilişkilidir (Bovenzi ve diğ., 2006). Yaralanmaya sebep olacak dört olası maruz kalma türü belirlenmiştir;

- 1) Daha uzun süreler boyunca düşük seviyeli titreşimlere maruz kalma,
- 2) Daha kısa periyotlarda birden fazla titreşime maruz kalma,
- 3) Tek veya birkaç bölümün üst düzey titreşimine maruziyet.
- 4) 1 ve 2 kombinasyonu (Pope ve diğ., 2002).

TVT, vücuda ayaklardan, kalçadan, sırt veya başın arka tarafından girmektedir (Şekil 2.1). TVT maruziyeti vücuda girdiği noktaya yakın olmayan organları da etkileyebilme potansiyeline sahiptir. Titreşim ivmesinin sebep olduğu konforsuzluk, titreşimin yönüne, frekansına, maruziyet süresine ve vücuda iletildiği noktaya bağlıdır (Zeyrek, 2009). Operatör kabin içerisinde oturur pozisyonda bulunacağından Şekil 1'deki titreşimlere maruz kalacaktır (Erzi, 2002).



**Şekil 1.** İnsanı etkileyen mekanik titreşimler için koordinat sistemlerinin yönleri (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi)

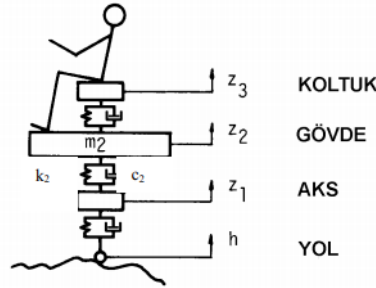
*Figure 1. Directions of coordinate systems for mechanical vibrations affecting the people*

TVT, birçok araştırmacı tarafından bel ağrısı için bir risk faktörü olarak tanımlanmıştır (Bernard, 1997; Bovenzi, 1992, 1994, 1999; Lis ve diğ., 2007 and Seidel, 2005). Uzun süreli TVT maruziyeti omurgaya, omurga uç plaklarına, omurlar arası disklere ve bel kaslarının mekanik hasar görmesine neden olarak ağırlara neden olabilir (Wikstrom ve diğ., 1994).

İş makineleri seyir esnasında iken yol pürüzlülüğü titreşime sebep olmaktadır. Yol pürüzlülüğünden kaynaklanan titreşimler rastlantısal titreşimlerdir ve ancak istatistiksel olarak tanımlanabilmektedir (Güney ve Ereke, 1990; Tümer, 2018). 1979 yılında Robson yaptığı çalışmada yol

yüzeyinin pürüzlülüğünün yoğunluğunu veren ifadeyi elde etmiştir. Bunu takiben Sharp ve Crolla (1987) çalışmalarında tali yol, anayol ve otoyol için Robson'un formülünde yer alan pürüzlülük katsayısının alacağı ortalama aralığı belirlemiştir.

İş makinelerinin üzerinde bulunduğu zeminin sebep olduğu titreşimlerin makine gövdesine iletilen kısmı bazı çalışma ve tasarım parametrelerine bağlı olarak değişmektedir (Şekil 2). Tekerek ve süspansiyon sisteminin dinamik ve statik özellikleri, titreşimin genlik ve frekans aralıklarını belirlemektedir (Çakan, 2013).



Şekil 2. Operatöre etki eden titreşimler

Figure 2. Vibrations affecting the operator

Bu çalışmada, doğaltaş ocaklarında kullanılan ekskavatör operatörlerinden kırıcı ve kovalı ekipmanla alınan kişisel titreşim maruziyet ölçümleri değerlendirilecektir. Bu sebeple taşıt titreşimleri incelediğinde titreşimin kaynakları yol pürüzlülüğü, taşıtın dönen elemanlarının arıza durumu, motor titreşimleri ve seyir hareketleridir.

## MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

Çalışma, Afyonkarahisar ve Ankara İl sınırları içerisinde bulunan 5 doğaltaş ocağında yapılmıştır. Çizelge 2'de ocaklarla ilgili bilgiler verilmiştir.

Tüm vücut titreşim ölçümleri ISO 2631-1 standardına göre, Cesva VC431 - titreşim ölçüm cihazı tüm vücut uygulamaları için AC033 üç eksenli ivmeölçer ile yapılmıştır (Şekil 3). Standart dikkate alındığında koltuk üzerinde, maruziyet oluşturan titreşimi ölçmek için kullanılan prob, koltukta oturan çalışanın kalçasının altına, -x eksenli çalışana doğru olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 4). Ekipman, üretici firma tarafından önerilen yöntem kullanılarak kalibre edilmiştir. Her ölçümden sonra, elde edilen veriler daha fazla işlem için bir dizüstü bilgisayara kopyalanmıştır.

Çizelge 2. Deneylerde kullanılan doğaltaşların kod ve bölgeleri

Table 2. Codes and regions of natural stones used in experiments

Numuneler	Numunelerin Kodları	Numunelerin Bölgeleri
Silver traverten	st	Emirdağ
Afyon gri	ag	İscehisar
Bej	b	Şuhut
Tundra gri	tg	Çay
Andezit	a	Yenimahalle



Şekil 3. Titreşim ölçüm cihazı

Figure 3. Vibration meter

Ocakta bulunan kırıcı uç ve kovalı çalışan ekskavatörlerde titreşim maruziyet ölçümleri yapılmaya başlanmadan önce, normal çalışma şartlarına ulaşmak amacıyla, ekskavatörün ısınması için yeterli zaman (en azından 10 dakika), ekskavatörün belirli bir aralıkta hareket ettiği ve koltuk süspansiyon mekanizmasının (yerleştirilmişse) çalışması sağlanmıştır (TS EN 1032+A1, 2011).

Ölçümlere başlanmadan ocakta ölçüm alınacak ekskavatörlerin çalışma süreleri ve bakım periyodları kontrol amaçlı ön inceleme yapılmıştır. Titreşime sebep olan tüm çalışma koşulları incelenerek titreşime maruz kalma değerini yüksek oranda etkilemesi muhtemel olan işler belirlenmiştir.

ISO 2631-1 (1997) standardında belirtildiği üzere ölçüm alınacak süre 7 dakikadan az olmayacak şekilde -x, -y ve -z eksenleri ile ölçüm alınmıştır. Titreşim genliğini belirlemek için  $m/s^2$  biriminden frekans ağırlıklı ivmenin RMS (Root Mean Square) değerinden ölçümler alınmıştır. Günlük titreşime maruziyet ölçümleri için 8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri  $A(8)$  ile ifade edilir.



Şekil 4. Tüm vücut titreşim ölçüm yeri

Figure 4. Whole body vibration measuring area

### HESAPLAMALAR (CALCULATIONS)

TVT için titreşim analizi, ISO 2631-1 (1997) standardında yer alan formüllere göre hesaplanmaktadır. Bu çalışmada rms ivmesi ve 8 saatlik eşdeğer titreşim dozu değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümlerin her biri için hesaplamalar Eşitlik 1'deki gibidir. Burada T ölçüm süresi,  $a_w(t)$ ; t zamanındaki frekans ağırlıklı ivmedir.

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt} \quad (1)$$

Frekans ağırlıklı ortalama karekök (rms) ivmeleri ( $a_{wx}$ ;  $a_{wy}$ ;  $a_{wz}$ ), ISO 2631-1'de (x-axis= $W_d$ ; y-axis= $W_d$ ; z-axis= $W_k$ ) tanımlanan uygun ağırlıklandırma faktörleri kullanılarak hesaplanır (x-ekseni,  $k=1.4$ ; y-ekseni,  $k=1.4$ ; z-ekseni,  $k=1.0$ ).

Her bir eksen için tepe ivmelenmeleri (ölçüm süresi boyunca maksimum anlık hızlanma), aynı zamanda frekans ağırlıklı rms vektörü toplamı değeri (Eşitlik 2) ile birlikte hesaplanır, burada  $a_v$ , frekans ağırlıklı rms vektörü toplam değeri ve  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ , ve  $a_{wz}$ , sırasıyla x, y ve z eksenindeki frekans ağırlıklı rms hızlandırma değerleridir.

$$a_v = \sqrt{(1,4a_{wx})^2 + (1,4a_{wy})^2 + (1,0a_{wz})^2} \quad (2)$$

Bu çalışmada, alınan titreşim ölçüm sonuçları trafik lambası sistemine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 3). Trafik lambası sistemine göre yeşil renk eylem değerinin altında, sarı eylem değerini üstünde, kırmızı ise sınır değerinin üstündeki bölgeyi temsil etmektedir (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi).

**Çizelge 3.** Trafik lambası sistemi için örnek renk kodlama şeması (EU 2006-2002/44/EC sayılı Avrupa Direktifi)

*Table 3. Example color coding scheme for traffic lamp system (European Directive 2006-2002 / 44 / EC)*

Renk kodu	Titreşim büyüklüğü (m/s <sup>2</sup> )	Eylem değerine ulaşma süresi	Sınır değerine ulaşma süresi
Yeşil	0-0,5	2 saatten fazla	8 saatten fazla
Sarı	0,5-1,15	30 dakika-2 saat	2-8 saat
Kırmızı	>1,15	30 dakikadan az	2 saatten az

### BULGULAR (RESULTS)

Doğaltaş ocaklarında mevcut durumda çalışan, bakımları yapılmış ekskavatör operatörlerine ait TVT ölçüm sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Tüm vücut titreşimi maruziyet ölçümleri*Table 4. Whole body vibration exposure measurements*

Doğaltaş Ocağı	Ekskavatör (Kırıcı)	Maruz kalma	Ekskavatör (Kovalı)	Maruz kalma
st	1,59	Maruziyet sınır değeri üzerinde	1,37	Maruziyet sınır değeri üzerinde
ag	1,15	Maruziyet sınır değeri	0,95	Maruziyet eylem değeri üzerinde
b	0,81	Maruziyet eylem değeri üzerinde	0,67	Maruziyet eylem değeri üzerinde
tg	1,27	Maruziyet sınır değeri üzerinde	1,03	Maruziyet eylem değeri üzerinde
a	1,66	Maruziyet sınır değeri üzerinde	1,49	Maruziyet sınır değeri üzerinde

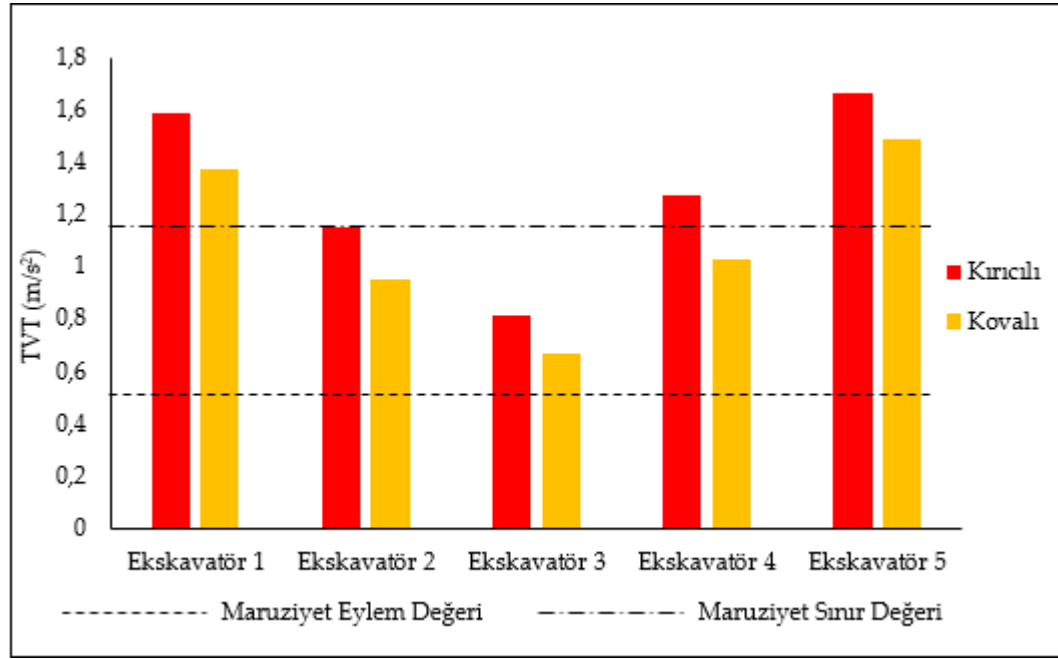
Doğaltaş ocaklarından alınan titreşim sonuçları Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik ve 2002/44/ EC sayılı AB Direktifi'ne göre incelendiğinde, tüm ocaklardaki ekskavatör operatörlerinin maruziyet eylem değeri üzerinde titreşime maruz kaldıkları görülmüştür. Bu durum tüm operatörlerin mesleki titreşim maruziyet sonucu hastalıklara yakalanma olasılığının fazla olduğunu göstermektedir. Çizelge 1'de de görüldüğü üzere işveren bir veya daha fazla önlem almakla yükümlüdür.

#### SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, TVT maruziyet ölçümleri, ISO 2631-1 standardına göre alınmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre kırıcı uçla çalışan ekskavatör operatörlerinin % 20'si maruziyet eylem değerini aşarken geriye kalan % 80'i maruziyet sınır değerini aşmaktadır. Ölçüm sonuçları trafik lambası sistemine göre değerlendirildiğinde 2 ve 3 numaralı operatörlerin risk rengi sarı iken diğer operatörlerin risk rengi kırmızıdır (Şekil 5).

Kovalı çalışan ekskavatör operatörlerinin TVT ölçüm sonuçları incelendiğinde, tüm operatörlerde maruziyetin eylem değeri üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Risk renklerine göre değerlendirme yapıldığında üç ocakta görev alan operatörlerin risk rengi sarı iken, diğer operatörlerin risk rengi kırmızı bölgede yer almaktadır.





Şekil 5. Ekskavatör operatörlerinin titreşim maruziyetleri

Figure 5. Vibration exposures of excavator operators

Ekskavatör operatörlerinde yapılan TVT maruziyet ölçümü sonuçlarının farklılığı; jeolojik formasyonların farklılığı, kullanılan iş makinelerinin operatör koltuklarının yıpranması, operatörlerin makine kullanım becerisi ve tecrübeleri gibi etkenlere bağlıdır.

Makinenin çalışma yaptığı zeminin hazırlanması, makineyi zorlamayacak şekilde çalışmak ve makine-kayaç mesafesinin iyi ayarlanması gibi konularda eğitim, tecrübe ve becerilere sahip operatörlerin TVT maruziyeti daha düşük olacaktır. Bu sebeple operatörler ekskavator kullanımı ile ilgili gerekli eğitim almalı ve tecrübeyi kazanmalıdırlar.

Ekskavatör operatörlerinin mesleki TVT maruziyeti sonucu kas-iskelet sistemi hastalıklarına yakalanma olasılıkları yüksektir. Trafik lambası sistemine göre sarı ve kırmızı risk bölgesinde bulunan operatörler için işveren gerekli önlemleri almalıdır. Tüm ekskavator operatörlerinin titreşim maruziyeti eylem değerini aştığı Çizelge 5'te görülmektedir.

Çalışmalarda maruziyet eylem değeri aşıldığında işveren, operatörleri titreşimden koruyabilmek için şu tedbirleri almakla yükümlüdür; titreşim maruziyetine sebebiyet verecek riskler kaynağından yok edilmeli veya en aza indirilmelidir. Titreşim maruziyetini azaltan farklı çalışma yöntemleri tercih edilmeli, çalışma ve üretim hızını maruziyet sürelerine göre belirlenmelidir. Operatörlere ekskavatorü doğru ve güvenli bir şekilde kullanmaları için gerekli bilgi ve eğitim verilmelidir. En düşük düzeyde titreşim maruziyeti oluşturan, ergonomik tasarlanmış uygun ekskavator seçilmelidir. Ekskavatorlerin yıpranıp, titreşim maruziyetini artmaması için periyodik bakım programları uygulanmalıdır.

#### KATKI BELİRTME (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma; Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 17.FEN.BİL.56 nolu proje ile desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

Alphin.M.S, K.Sankaranarayananamy and S.P.Sivapirakasam, 2010, "Experimental evaluation of whole body vibration exposure from tracked excavators with hydraulic breaker attachment in rock breaking operations", *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, Cilt 29, Sayı 2, 101-110.



- Aye, S., Heyns, P. S., 2011, "The evaluation of whole body vibration in a South African opencast mine", *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, Cilt 111, Sayı 11, 751-758.
- Bernard, B.P. ve diğ., 1997, "Low-back musculoskeletal disorders: Evidence for work relatedness. In: musculoskeletal disorders and workplace factors", *National Institute for Occupational Safety and Health*, Cincinnati.
- Bovenzi, M., Betta, A., 1994, "Low back pain disorder in agricultural tractor drivers exposed to whole body vibration and postural stress", *Applied Ergonomics*, Cilt 25, 231-241.
- Bovenzi, M., Zadini, A., 1992, "Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole body vibration", *Spine*, Cilt 17, 1048-1059.
- Bovenzi, M., Hulshof, C.T., 1999, "An updated review of epidemiological studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain", *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Cilt 72, 351-365.
- Bovenzi, M., Rui, F., Negro, C., D'Agostin, F., Angotzi, G., Bianchi, S. and Stacchini, N. 2006, "An epidemiological study of low back pain in professional drivers", *Journal of Sound and Vibration*, Cilt 298, Sayı 3, 514-539.
- Çakan, A., 2013, *Karayolu Taşıtları Süspansiyon Sisteminde Aktif Titreşim Kontrolü*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB), 2013, "Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik", Ankara.
- Doğan, T., Erdem B. ve Duran, Z., 2015, Tüm Vücut Titreşiminin Operatör ve Sürücüler Üzerindeki Etkileri: Ölçümü ve Değerlendirilmesi, *Madencilik*, Cilt 54, Sayı 3-4, 25-39
- Erzi, A.I., 2002, "Cadde ve Ray Taşıtları Titreşimleri", *İTÜ Makina Fakültesi Matbaası*, İstanbul.
- EU., 2006, "Non-binding guide to good practice with a view to implementation of directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations)", Directorate-General for Employment, *Social Affairs and Inclusion*, European Commission, 61.
- Güney, A., Ereke, M., 1990, "Devrilebilir Sürücü Kabini Askı Elemanlarının Titreşim Konforuna Etkisi", *Dördüncü Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu*, Yalova, 233-243.
- Lis, A., M., Black, K., M., Korn, H., Nordin, M., 2007, "Association between sitting and occupational LBP", *European Spine Journal*, Cilt 16, Sayı 2, 283-298.
- Mandal, B.B., Pal, A.K., Sishodiya, P.K., 2013, "Vibration characteristics of mining equipment used in Indian mines and their vibration hazard potential", *International Journal of Environmental Health Engineering*, Cilt 2, Sayı 4, 1-10.
- Marin, L.S., Andres, C., R., Estefany, R., Hugo, P., Lope, H. B., Jack, T.D., Peter, W. J., 2017, "Assessment of whole-body vibration exposure in mining earth-moving equipment and other vehicles used in surface mining", *Annals of Work Exposures and Health*, Cilt 61, Sayı 6, 669-680.
- Meyer, J., Flenghi, D., Deschamps, J., 1998, "Effects of manual handling posture and whole-body vibration on low back pain", *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, Cilt 4, 195-213.
- Pope, M., Magnusson, M., Lundström, R., Hulshof, C., Verbeek, J., Bovenzi, M., 2002, "Guidelines for whole-body vibration health surveillance", *Journal of Sound and Vibration, Vibration Injury Network*, Cilt 253, Sayı 1, 131-167.
- Rakheja, S., Sankar, S., 1983, "An optimum seat-suspension for off-road vehicles", *The Shock and Vibration Bulletin*, Cilt 53, 19-35.
- Robson, J. D., 1979, "Road surface description and vehicle response", *International Journal of Vehicle Design*, Cilt 1, Sayı 1, 25-35.
- Seidel, H., 2005, "On the relationship between whole-body vibration exposure and spinal health risk", *Industrial Health*, Cilt 43, 361-377.
- Sharp, R. S., Crolla, D. A., 1987, "Road vehicle suspension system design - A review", *Vehicle System Dynamics*, Cilt 16, 167-192.

- Tümer, M., 2018, *Doğaltaş Madenciliğinde Oluşan Titreşimin Çalışanlar Açısından Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- TS EN 1032+A1., 2011, Türk Standartları, *Mekanik titreşim-Titreşim emisyon değerinin belirlenmesi amacıyla hareketli makinelerin deneye tabi tutulması*, TSE, Ankara.
- ISO 2631-1., 1997, *Mechanical vibration and shock -- Evaluation of human exposure to whole-body vibration -- Part 1: General requirements*, Geneva.
- Waters, T., Genaidy, A., Viruet, H.B., Makola, M., 2008, "The impact of operating heavy equipment vehicles on lower back disorders", *Ergonomics*; Cilt 51, 602-636.
- Wikstrom, B., O., Kjellberg, A., Landstrom, U., 1994, "Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review", *International Journal of Industrial Ergonomics*, Cilt 14, 273-292.
- Zeyrek, S., 2009, "Titreşim, İş Sağlığı ve Güvenliği", Uzmanlık Tezi, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü*, Ankara.